

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
 INSTITUT NATIONAL  
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
 PARIS

(11) Nº de publication :  
 (à n'utiliser que pour les  
 commandes de reproduction)

2 833 863

(21) Nº d'enregistrement national : 01 16581

(51) Int Cl<sup>7</sup> : B 01 J 19/26, B 01 J 8/02, B 01 F 3/02, 5/02 // C 01 B  
 3/38

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 20.12.01.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME  
 POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCE-  
 DES GEORGES CLAUDE — FR.(43) Date de mise à la disposition du public de la  
 demande : 27.06.03 Bulletin 03/26.(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
 recherche préliminaire : Se reporter à la fin du  
 présent fascicule(60) Références à d'autres documents nationaux  
 apparentés :

(72) Inventeur(s) : GARY DANIEL.

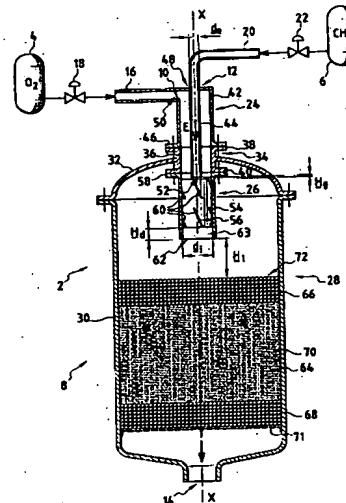
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) :

## (54) REACTEUR CATALYTIQUE, INSTALLATION ET PROCEDE DE REACTION CORRESPONDANTS.

(57) Ce réacteur catalytique met en réaction un mélange d'un premier et d'un second gaz. Il comprend une enceinte de réaction (28) comportant un lit de réaction (64) catalytique. Il comprend un dispositif d'injection (24) comprenant des premier (42) et second (44) tubes d'alimentation en des premier et second gaz. Le premier tube d'alimentation (42) porte une première entrée (10) et le second tube d'alimentation (44) porte une seconde entrée (12). La sortie (52) du second tube (44) débouche dans le premier tube (42). Le réacteur comprend en outre un dispositif de mélange (26) qui est raccordé au dispositif d'injection (24), qui est disposé en aval de la sortie (52) du second tube (42), et qui débouche dans l'enceinte de réaction (28).

Application aux installations de fabrication de gaz de synthèse.



La présente invention concerne un réacteur catalytique pour mettre en réaction un mélange homogène, notamment inflammable, d'un premier et d'un second gaz, du type comprenant

- 5        - une enceinte de réaction dans laquelle est disposé un lit de réaction catalytique, et
- des moyens d'introduction des deux gaz dans l'enceinte de réaction.

Elle s'applique notamment aux installations de 10 fabrication de gaz de synthèse.

On connaît des installations de réaction catalytique dans lesquelles un mélange d'un gaz combustible et d'un gaz comburant est soumis à une oxydation partielle par catalyse. De telles installations sont connues par exemple des 15 documents EP-A-0 931 842, EP-A-0 686 701, et US-A-5 720 901.

Dans les installations de ces documents, le mélange homogène de gaz comburant/combustible est acheminé, par exemple depuis un réservoir, par une conduite d'alimentation, puis est injecté dans un réacteur 20 catalytique.

Etant donné que ces mélanges sont fortement inflammables, il existe un risque d'auto-inflammation du mélange le long de la conduite d'alimentation, susceptible d'engendrer une déflagration voire une détonation au sein de 25 la conduite d'alimentation ou du réacteur catalytique.

Par ailleurs, on connaît des mélangeurs statiques d'un gaz dans un autre gaz. Des exemples de tels mélangeurs sont décrits dans les documents EP-A-0 663 236 et EP-A-0 960 650. Ces mélangeurs sont utilisés notamment pour mélanger un 30 gaz de refroidissement dans un gaz d'échappement chaud.

D'autres exemples de mélangeurs sont décrits dans les documents EP-A-0 474 524 et EP-A-1 120 151. Dans ces mélangeurs, l'injection du second gaz dans le premier gaz est effectuée radialement par rapport à l'écoulement du 35 premier gaz.

La présente invention a pour but de pallier les inconvénients d'exploitation et de sécurité des réacteurs catalytiques connus alimentés avec de tels fluides, et de proposer un réacteur catalytique dont son alimentation ait

une sécurité augmentée tout en ayant un faible coût de fabrication.

A cet effet l'invention a pour objet un réacteur catalytique du type précité, caractérisé en ce que les 5 moyens d'introduction comprennent un dispositif d'injection comprenant des premier et second tubes d'alimentation, en ce que ledit premier tube d'alimentation porte une première entrée pour ledit premier gaz et ledit second tube d'alimentation porte une seconde entrée pour ledit second 10 gaz, en ce que ledit second tube d'alimentation comprend une sortie dudit second gaz débouchant dans ledit premier tube d'alimentation, et en ce que les moyens d'introduction comprennent en outre un dispositif de mélange qui est raccordé au dispositif d'injection, qui est disposé en aval 15 de la sortie dudit second tube d'alimentation, et qui débouche dans l'enceinte de réaction.

Selon d'autres modes de réalisation, le réacteur peut comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- 20 - le dispositif de mélange est un mélangeur statique comprenant un organe tubulaire et des éléments de mélange ;
- les éléments de mélange comprennent des pales solidaires de l'organe tubulaire ;
- le dispositif de mélange comprend un garnissage 25 disposé dans l'organe tubulaire ;
- le garnissage est un garnissage structuré ;
- le garnissage structuré comprend un garnissage ondulé-croisé ;
- le réacteur comporte une zone de flux sensiblement 30 laminaire située immédiatement en aval des éléments de mélange, cette zone étant constituée par un organe tubulaire ;
- la hauteur libre entre la sortie de la zone de flux laminaire et le lit de réaction est comprise entre 140 35 mm et 160 mm, pour un diamètre intérieur de l'enceinte de 160 mm ;
- l'organe tubulaire du dispositif de mélange est disposé sensiblement coaxialement à au moins l'un desdits tubes d'alimentation ;

- le dispositif de mélange est disposé à l'intérieur de l'enceinte de réaction ;
- le dispositif de mélange est disposé adjacent à l'enceinte de réaction, et à l'extérieur de celui-ci ;

5           - lesdits premier et second tubes d'alimentation sont disposés coaxialement l'un à l'autre, au moins dans la zone de la sortie dudit second tube d'alimentation, et cette sortie est dirigée coaxialement audit premier tube d'alimentation ;

10           - l'écoulement du gaz dans le réacteur, pendant le fonctionnement de celui-ci, a une direction générale parallèle à au moins l'un desdits tubes d'alimentation et ceci sur sensiblement toute la longueur du réacteur ;

15           - la distance libre entre la sortie dudit second tube et les éléments de mélange est comprise entre 0 mm et 50 mm ;

20           - le réacteur comprend des moyens d'alimentation desdits premier et second tubes d'alimentation adaptés pour acheminer les deux gaz à vitesse sensiblement identique, au moins dans la zone de la sortie dudit second tube d'alimentation ;

25           - le réacteur comprend une couche d'isolation thermique disposée entre l'enceinte de réaction et le lit de réaction ; et

30           - le réacteur constitue un réacteur pour une réaction d'oxydation partielle.

L'invention a en outre pour objet une installation de réaction catalytique, caractérisée en ce qu'elle comprend :

35           - un réacteur catalytique tel que défini ci-dessus,

          - une source de gaz comburant reliée à ladite première entrée, et

          - une source de gaz combustible reliée à ladite seconde entrée.

40           L'invention a en outre pour objet un procédé de réaction chimique entre deux gaz, notamment d'un gaz comburant et d'un gaz combustible, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- un premier écoulement d'un premier gaz est introduit dans l'écoulement d'un second gaz en formant un écoulement hétérogène ;

5 - l'écoulement hétérogène traverse des éléments de mélange d'un dispositif de mélange en étant homogénéisé ;

- l'écoulement homogénéisé traverse un lit de réaction catalytique dans lequel les deux gaz effectuent une réaction chimique.

10 Selon d'autres modes de réalisation, le procédé peut comporter l'une ou plusieurs des étapes suivantes :

- les vitesses d'écoulement des deux gaz sont réglées de telle sorte que le temps de séjour des deux gaz dans le dispositif de mélange est nettement inférieur au temps d'auto-inflammation du mélange des deux gaz, notamment 15 inférieur à 0,05 s, et de préférence inférieur à 0,01 s ;

- l'introduction dudit premier gaz dans l'écoulement dudit second gaz est effectuée de façon sensiblement laminaire ;

20 - l'introduction dudit premier gaz dans l'écoulement dudit second gaz est effectuée dans le sens d'écoulement dudit second gaz ; et

- l'introduction dudit premier gaz dans l'écoulement dudit second gaz est effectuée à vitesse sensiblement identique pour les deux gaz.

25 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

30 - la Figure 1 est une vue schématique en coupe longitudinale d'un premier mode de réalisation d'une installation de réaction catalytique selon l'invention ;

- la Figure 2 est une vue schématique d'une installation de réaction catalytique selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ; et

35 - la Figure 3 est une vue schématique d'un troisième mode de réalisation d'une installation de réaction catalytique selon l'invention.

Sur la Figure 1 est représentée, en coupe longitudinale, une installation de réaction catalytique selon l'invention, désignée par la référence générale 2.

Sur les Figures, le sens général d'écoulement de gaz 5 E est dirigé du haut vers le bas. Les entrées de gaz des éléments de l'installation 2 se trouvent donc à leurs extrémités supérieures, tandis que les sorties de gaz sont situées aux extrémités inférieures.

L'installation 2 est destinée à mettre en réaction 10 chimique un mélange d'un gaz comburant et d'un gaz combustible. Le gaz combustible est par exemple un hydrocarbure léger de C<sub>1</sub> à C<sub>5</sub>, ou un mélange de ces hydrocarbures, en particulier du gaz naturel (essentiellement CH<sub>4</sub>) ou du C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, tandis que le gaz comburant 15 est par exemple un gaz riche en O<sub>2</sub>, tel que de l'air, de l'O<sub>2</sub> ou un mélange O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>.

Dans le cas d'un mélange de CH<sub>4</sub> et de l'air, la réaction d'oxydation partielle suivante se produit à l'intérieur de l'installation:

20            2 CH<sub>4</sub> + O<sub>2</sub> → 2CO + 4 H<sub>2</sub> (réaction d'oxydation partielle au méthane en vue de produire du gaz de synthèse).

L'installation comprend une source de gaz comburant 4, en l'occurrence un réservoir d'oxygène, ainsi qu'une source de gaz combustible 6 telle qu'un réservoir de CH<sub>4</sub>. 25 En variante, la source de gaz combustible est un stockage ou un réseau de gaz naturel. L'installation 2 comprend en outre un réacteur catalytique 8 comprenant une entrée du gaz comburant 10, une entrée du gaz combustible 12, ainsi qu'une sortie pour le gaz de réaction 14.

30            Le réservoir d'oxygène 4 est relié à l'entrée du gaz comburant 10 par l'intermédiaire d'une première conduite 16 et d'une première vanne 18. Le réservoir de CH<sub>4</sub> 6 est relié à l'entrée de gaz combustible 12 par l'intermédiaire d'une seconde conduite 20 et d'une seconde vanne 22.

35            Le réacteur catalytique 8 est constitué d'un dispositif d'injection 24, d'un dispositif de mélange 26 et d'une enceinte de réaction 28.

L'enceinte de réaction 28 comprend un corps ou virole métallique cylindrique 30 à section circulaire d'axe

central X-X, disposé verticalement. Le corps 30 est sensiblement fermé à sa partie inférieure, en laissant subsister la sortie de gaz 14 du réacteur. L'enceinte 28 comprend par ailleurs un couvercle 32 vissé de façon étanche 5 sur la partie supérieure du corps 30. Une ouverture centrale 34 est ménagée dans le couvercle 32, coaxialement à l'axe X-X.

Un raccord tubulaire 36, s'étendant coaxialement à l'axe central X-X, est soudé de façon étanche sur 10 l'ouverture centrale 34 et traverse cette dernière. Le raccord tubulaire 36 comprend à ses deux extrémités une bride de raccordement supérieure 38 et inférieure 40. Le raccord tubulaire 36 a un diamètre intérieur  $d_i$ .

Le dispositif d'injection 24 comprend un tube 15 extérieur 42 de diamètre intérieur  $d_i$  ainsi qu'un tube intérieur 44. Le tube intérieur 44 a un diamètre extérieur  $d_o$  inférieur au diamètre  $d_i$ . Les deux tubes 42, 44 s'étendent coaxialement à l'axe X-X.

Le tube extérieur 42 se termine à son extrémité 20 inférieure par une bride 46, par laquelle il est raccordé à la bride supérieure 38 du raccord tubulaire 36. L'extrémité supérieure 48 du tube extérieur est sensiblement fermée.

Un orifice d'alimentation 50 en comburant est ménagé dans la paroi latérale de l'extrémité supérieure 48 du tube 25 extérieur. Dans cet orifice d'alimentation 50 débouche la première conduite 16. Le tube intérieur 44 traverse l'extrémité supérieure 48 du tube extérieur, et est raccordé à la seconde conduite 20.

Le tube intérieur 44 s'étend à travers le raccord 30 tubulaire 36 et se termine par un orifice de sortie 52 qui débouche coaxialement à l'axe X-X dans une entrée du dispositif de mélange 26.

Le dispositif de mélange 26 est un mélangeur statique. Il est constitué d'une gaine tubulaire 54 et 35 d'éléments de mélange 56, disposés à l'intérieur de la gaine 54. La gaine 54 a une forme cylindrique creuse à section circulaire de diamètre intérieur  $d_i$ , et est fixée par une bride 58 à la bride inférieure 40 du raccord tubulaire 36.

Ainsi, le dispositif de mélange 26 est entièrement situé à l'intérieur de l'enceinte de réaction 28.

Les diamètres intérieurs  $d_i$  du tube extérieur 42, du raccord tubulaire 36 et de la gaine 54 sont identiques.

5 Les éléments de mélange 56 sont constitués de deux couches de quatre pales 60, les deux couches étant axialement à distance l'une de l'autre. Les pales 60 font saillie sur la paroi intérieure de la gaine 54 et ont une forme générale hélicoïdale.

10 L'orifice de sortie 52 du tube intérieur 44 est disposé adjacent à l'extrémité supérieure des éléments de mélange 56. Entre la sortie 52 du tube intérieur 44 et les éléments de mélange 56 subsiste une distance libre  $H_3$ , qui est par exemple comprise entre 0 mm et 50 mm.

15 L'extrémité inférieure 62 du dispositif de mélange 26, qui constitue sa sortie, est dépourvue des éléments de mélange 56 sur une hauteur axiale  $H_4$ , et forme une zone 63 de flux laminaire de gaz.

20 L'enceinte de réaction 28 contient en outre un lit de réaction 64 couvrant toute la section transversale de l'enceinte 28. Le lit de réaction 64 est constitué de deux couches de barrière thermique supérieure 66 et inférieure 68, ainsi que d'une couche médiane 70 de catalyseur. Les deux couches supérieure 66 et inférieure 68 sont constituées 25 de billes d'oxyde d'aluminium, et s'étendent par exemple sur une hauteur axiale de 150 mm. La couche médiane 70 est constituée de granules d'un support en céramique, revêtu de platine ou de rhodium. En variante, d'autres matières peuvent être utilisées en tant que barrière thermique ou que 30 catalyseur.

Le lit de réaction 64 est soutenu par une grille de support 71 solidaire de la virole 30.

Entre l'extrémité inférieure 62 de la gaine 54 et une surface libre 72 de la couche supérieure 66 subsiste une 35 hauteur libre  $H_1$ , qui assure une homogénéisation supplémentaire du mélange gaz comburant/gaz combustible. La hauteur libre  $H_1$  est par exemple comprise entre 140 mm et 160 mm, pour un diamètre intérieur de la virole de 160 mm

Les composants du réacteur catalytique 8, sauf indication contraire, sont constitués préférentiellement d'alliages spéciaux tels que du Z5 NC32-21 (« HASTELLOY ») ou de toute autre matière appropriée.

5 L'installation selon l'invention fonctionne de la façon suivante :

Les entrées de gaz comburant 10 et de gaz combustible 12 sont alimentées en oxygène et en CH<sub>4</sub> respectivement. Eventuellement les gaz sont préchauffés, par 10 exemple à 300°C, et mis sous pression par exemple de 8 à 12 bars. L'oxygène, en tant que gaz comburant, est introduit dans le tube extérieur 42 par l'orifice d'alimentation 50 et s'écoule de façon sensiblement laminaire coaxialement à 15 l'axe X-X. Le CH<sub>4</sub>, en tant que gaz combustible, s'écoule, également de façon sensiblement laminaire et dans le même sens que l'oxygène, dans le tube intérieur 44 jusqu'à 20 l'orifice de sortie 52. Il est à noter que les risques d'auto-inflammation d'un tel mélange sont accrues dès lors que la température et/ou la pression de service augmentent. A haute température ces mélanges sont auto inflammables. Une flamme peut se développer sans la présence d'aucune autre source extérieure d'allumage.

25 A l'orifice de sortie 52, le CH<sub>4</sub> est introduit coaxialement et dans le même sens dans l'écoulement de l'oxygène, et un mélange hétérogène CH<sub>4</sub>/oxygène est formé. Les vitesses d'écoulement des gaz sont de préférence choisies de telle sorte qu'elles soient sensiblement identiques à l'emplacement de l'orifice de sortie 52. En 30 conséquence, une création d'un mélange n'a pas lieu en amont du dispositif de mélange 26, de sorte que le risque d'auto-inflammation du mélange est évitée.

Le mélange hétérogène CH<sub>4</sub> /oxygène entre immédiatement dans le dispositif de mélange 26.

35 Le mélange hétérogène est entraîné en rotation turbulente par les pales 60 et est homogénéisé de sorte qu'il s'établisse un mélange homogène CH<sub>4</sub>/oxygène sur la section transversale du dispositif de mélange 26. A la sortie des éléments de mélange 56, le mélange a un écart de

concentration moyenne du mélange inférieur à 5%, mesurée sur la section transversale du mélangeur. Le temps de séjour du gaz dans le dispositif de mélange 26 est très court, inférieur au temps d'auto-inflammation du mélange. Le temps 5 de séjour est typiquement inférieur à 0,05s et de préférence inférieur à 0,01s, de sorte que le risque d'auto-inflammation du mélange dans le dispositif de mélange 26 est très faible ou supprimé. L'écoulement turbulent se transforme en un écoulement sensiblement laminaire dans la 10 zone de flux laminaire 63.

La hauteur libre  $H_1$ , qui subsiste entre la sortie du dispositif de mélange 26 et la surface supérieure 72 du lit permet au mélange homogène d'augmenter son homogénéité. A l'emplacement de la surface supérieure 72 du lit de 15 réaction, le mélange a un écart de concentration moyenne inférieur à 3%, de préférence inférieur à 2%.

Puis le mélange homogène traverse suivant l'axe X-X la couche de barrière thermique supérieure 66 et entre dans la couche de catalyse 70. Dans la couche de catalyse 70 20 s'effectue alors la réaction précitée :  $2\text{CH}_4 + \text{O}_2 \Rightarrow 2\text{CO} + 4\text{H}_2$ .

Etant donnée que le mélange de gaz, à l'entrée du lit de réaction 64, est très homogène, la formation de points chauds ou de dépôt de carbone solide, suivant les 25 réactions  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  et/ou  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \Rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2\text{O}$ , est empêchée ou très faible. Le risque de dégradation du réacteur 8 par surchauffage ou bouchage est donc faible.

Le gaz de synthèse  $\text{CO} + \text{H}_2$  traverse la couche de barrière thermique inférieure 68 et est soutiré à la sortie 30 14 du réacteur.

Le dispositif de mélange 26 statique est peu encombrant, bon marché et a une faible perte de charge. Il égalise la concentration et, le cas échéant, les vitesses des gaz et leurs températures sur une courte distance 35 d'écoulement. En conséquence, la formation de cellules de détonation dans le dispositif de mélange 26 est empêchée, ce qui confère à celui-ci une sécurité élevée.

L'installation 2 présente une haute sécurité, étant donné que les gaz comburant/combustible sont stockés et

acheminés séparément. Le risque d'auto-inflammation du mélange dans une conduite d'alimentation commune est donc évité.

Sur la Figure 2 est représenté un deuxième mode de 5 réalisation d'une installation 2 de réaction catalytique selon l'invention. Uniquement les différences par rapport au premier mode de réalisation seront décrites. Les éléments analogues portent des références identiques.

Le raccord tubulaire 36 du couvercle 32 ne s'étend 10 que sur le côté extérieur du couvercle 32. Ce raccord 36 a une hauteur axiale  $H_4$  et porte à son extrémité supérieure la bride supérieure 38. Le couvercle 32 est en forme tronconique, s'élargissant vers le lit de réaction 64. L'angle d'ouverture  $\alpha$  entre l'axe central X-X et le tronc de 15 cône est choisi de telle sorte que le mélange de gaz s'écoule de façon sensiblement laminaire dans le couvercle 32.

Par ailleurs, le dispositif de mélange 26 est situé 20 à l'extérieur de l'enceinte de réaction 28 et directement adjacent à celui-ci. Il est interposé entre le dispositif d'injection 24 et le couvercle 32. A cet effet, la gaine 54 du dispositif de mélange 26 comporte une bride inférieure 80 reliée à la bride supérieure 38 du couvercle 32. Les éléments de mélange 56 affleurent cette bride inférieure 80.

25 La bride 46 du dispositif d'injection 24 est reliée à la bride supérieure 58 de la gaine 54. Le tube intérieur 44 est raccourci par rapport au premier mode de réalisation, étant donné que les éléments de mélange 56 du dispositif de mélange 26 sont disposés adjacents à la bride 46 du tube 30 extérieur 42.

Le fonctionnement de cette installation 2 est analogue à celui du premier mode de réalisation.

Comme différence, le raccord tubulaire 36 du couvercle agit en tant que zone de flux laminaire 63.

35 Sur la Figure 3 est représenté un troisième mode de réalisation d'une installation selon l'invention.

Cette installation diffère de celle du premier mode de réalisation par les points suivants.

Les éléments de mélange 56 du dispositif de mélange 26 sont constitués d'un garnissage structuré ondulé-croisé 90. Le garnissage 90 comprend deux couches 92 de tôles ondulées-croisées à plan général vertical, décalées 5 angulairement de 90° l'une par rapport à l'autre autour de l'axe X-X. Des exemples de garnissages ondulés-croisés sont décrits dans les documents CA-A-1 095 827 et EP-A-0 158 917.

Par ailleurs, le lit de réaction 64 a un diamètre inférieur au diamètre intérieur de la virole 30. 10 L'interstice annulaire présent entre le lit de réaction 64 et la virole est rempli d'une couche d'isolation thermique 94.

La couche d'isolation thermique 94 est un ensemble rigide auto-portant constitué par exemple d'une matière 15 réfractaire telle que de l'alumine. La couche d'isolation thermique 94 s'étend suivant la direction axiale entre les deux extrémités de l'enceinte 28. L'espace s'étendant entre le dispositif de mélange 26 et l'enceinte 28 est également rempli de la couche d'isolation thermique 94. Cette couche 20 épouse, à sa partie supérieure, la forme du couvercle 32 et du dispositif de mélange 26. Toutefois, entre la sortie du dispositif de mélange 26 et la surface supérieure 72 du lit de réaction subsiste un espace vide 96 sensiblement en forme tronconique s'élargissant vers le lit de réaction 64, qui 25 permet l'écoulement sensiblement laminaire et la répartition du mélange de gaz sur toute la section transversale du lit.

L'isolation thermique limite les pertes de chaleur du mélange de gaz. Ainsi, des réactions chimiques endothermiques éventuellement nécessaires dans la partie 30 inférieure de la couche médiane 70 peuvent s'effectuer sans apport de chaleur extérieur.

REVENDICATIONS

1. Réacteur catalytique pour mettre en réaction un mélange homogène, notamment inflammable, d'un premier et d'un second gaz, du type comprenant

5 - une enceinte de réaction (28) dans laquelle est disposé un lit de réaction (64) catalytique, et

- des moyens d'introduction (24, 26) des deux gaz dans l'enceinte de réaction (28),

caractérisé en ce que

10 les moyens d'introduction comprennent un dispositif d'injection (24) comprenant des premier (42) et second (44) tubes d'alimentation, en ce que ledit premier tube d'alimentation (42) porte une première entrée (10) pour ledit premier gaz et ledit second tube d'alimentation (44)

15 porte une seconde entrée (12) pour ledit second gaz, en ce que ledit second tube d'alimentation (44) comprend une sortie (52) dudit second gaz débouchant dans ledit premier tube d'alimentation (42), et en ce que les moyens

20 d'introduction comprennent en outre un dispositif de mélange (26) qui est raccordé au dispositif d'injection (24), qui est disposé en aval de la sortie (52) dudit second tube d'alimentation (42), et qui débouche dans l'enceinte de réaction (28).

25 2. Réacteur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de mélange (26) est un mélangeur statique comprenant un organe tubulaire (54) et des éléments de mélange (56).

30 3. Réacteur suivant la revendication 2, caractérisé en ce que les éléments de mélange (56) comprennent des pales (60) solidaires de l'organe tubulaire (54).

4. Réacteur suivant la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif de mélange (26) comprend un garnissage (90) disposé dans l'organe tubulaire (54).

35 5. Réacteur suivant la revendication 4, caractérisé en ce que le garnissage est un garnissage structuré (90).

6. Réacteur suivant la revendication 5, caractérisé en ce que le garnissage structuré comprend un garnissage ondulé-croisé (90).

7. Réacteur suivant l'une des revendications 2 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte une zone de flux sensiblement laminaire (63) située immédiatement en aval des éléments de mélange (56), cette zone étant constituée par un 5 organe tubulaire (54; 36).

8. Réacteur suivant la revendication 7, caractérisé en ce que la hauteur libre ( $H_1$ ) entre la sortie de la zone de flux laminaire (63) et le lit de réaction (64) est comprise entre 140 mm et 160 mm, pour un diamètre intérieur 10 de l'enceinte (28) de 160 mm.

9. Réacteur suivant l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que l'organe tubulaire (54) du dispositif de mélange (26) est disposé sensiblement coaxialement à au moins l'un desdits tubes 15 d'alimentation (42, 44).

10. Réacteur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le dispositif de mélange (26) est disposé à l'intérieur de l'enceinte de réaction (28).

20 11. Réacteur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le dispositif de mélange (26) est disposé adjacent à l'enceinte de réaction (28), et à l'extérieur de celui-ci.

25 12. Réacteur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que lesdits premier (42) et second (44) tubes d'alimentation sont disposés coaxialement l'un à l'autre, au moins dans la zone de la sortie (52) dudit second tube d'alimentation (44), et en ce que cette sortie (52) est dirigée coaxialement audit premier 30 tube d'alimentation (42).

13. Réacteur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que l'écoulement du gaz (E) dans le réacteur (8), pendant le fonctionnement de celui-ci, a une direction générale parallèle à au moins l'un 35 desdits tubes d'alimentation (42, 44) et ceci sur sensiblement toute la longueur du réacteur.

14. Réacteur suivant l'une quelconque des revendications 2 à 13, caractérisé en ce que la distance libre ( $H_2$ ) entre la sortie (52) dudit second tube (44) et

les éléments de mélange (56) est comprise entre 0 mm et 50 mm.

15. Réacteur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce qu'il comprend des 5 moyens (18,22) d'alimentation desdits premier (42) et second (44) tubes d'alimentation adaptés pour acheminer les deux gaz à vitesse sensiblement identique, au moins dans la zone de la sortie (52) dudit second tube d'alimentation (44).

16. Réacteur suivant l'une quelconque des 10 revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une couche d'isolation thermique (94) disposée entre l'enceinte de réaction (28) et le lit de réaction (64).

17. Réacteur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il 15 constitue un réacteur (8) pour une réaction d'oxydation partielle.

18. Installation de réaction catalytique, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- un réacteur (8) conforme à l'une quelconque des 20 revendications précédentes,

- une source de gaz comburant (4) reliée à ladite première entrée (10), et

- une source de gaz combustible (6) reliée à ladite seconde entrée (12).

19. Procédé de réaction chimique entre deux gaz, notamment d'un gaz comburant et d'un gaz combustible, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- un premier écoulement d'un premier gaz est 30 introduit dans l'écoulement d'un second gaz en formant un écoulement hétérogène ;

- l'écoulement hétérogène traverse des éléments de mélange (56) d'un dispositif de mélange (26) en étant homogénéisé ;

- l'écoulement homogénéisé traverse un lit de 35 réaction catalytique (64) dans lequel les deux gaz effectuent une réaction chimique.

20. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que les vitesses d'écoulement des deux gaz sont

réglées de telle sorte que le temps de séjour des deux gaz dans le dispositif de mélange (26) est nettement inférieur au temps d'auto-inflammation du mélange des deux gaz, notamment inférieur à 0,05 s, et de préférence inférieur à 5 0,01 s.

21. Procédé selon la revendication 19 ou 20, caractérisé en ce que l'introduction dudit premier gaz dans l'écoulement dudit second gaz est effectuée de façon sensiblement laminaire.

10 22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 19 à 21, caractérisé en ce que l'introduction dudit premier gaz dans l'écoulement dudit second gaz est effectuée dans le sens d'écoulement dudit second gaz.

15 23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 19 à 22, caractérisé en ce que l'introduction dudit premier gaz dans l'écoulement dudit second gaz est effectuée à vitesse sensiblement identique pour les deux gaz.

1/3

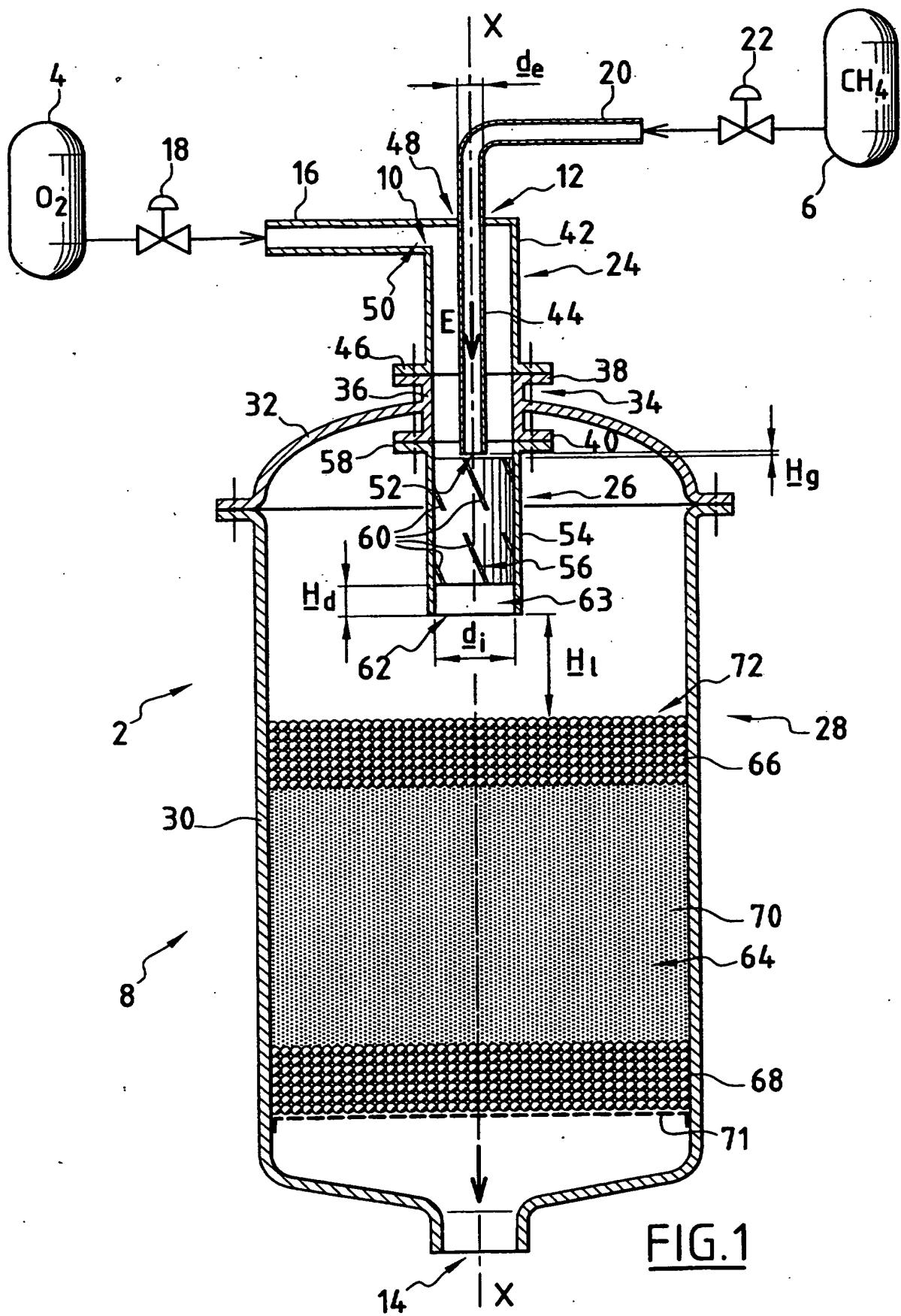
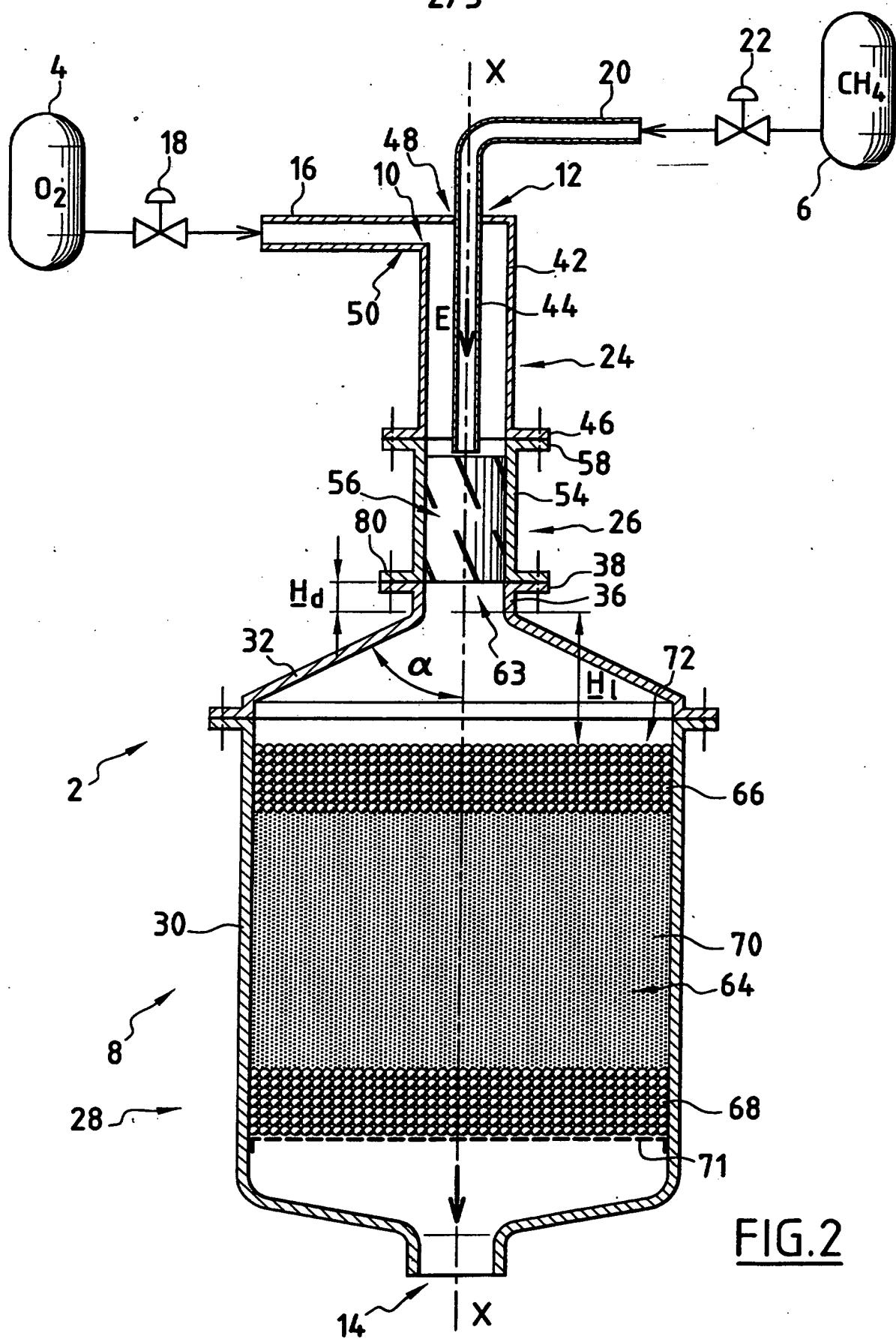
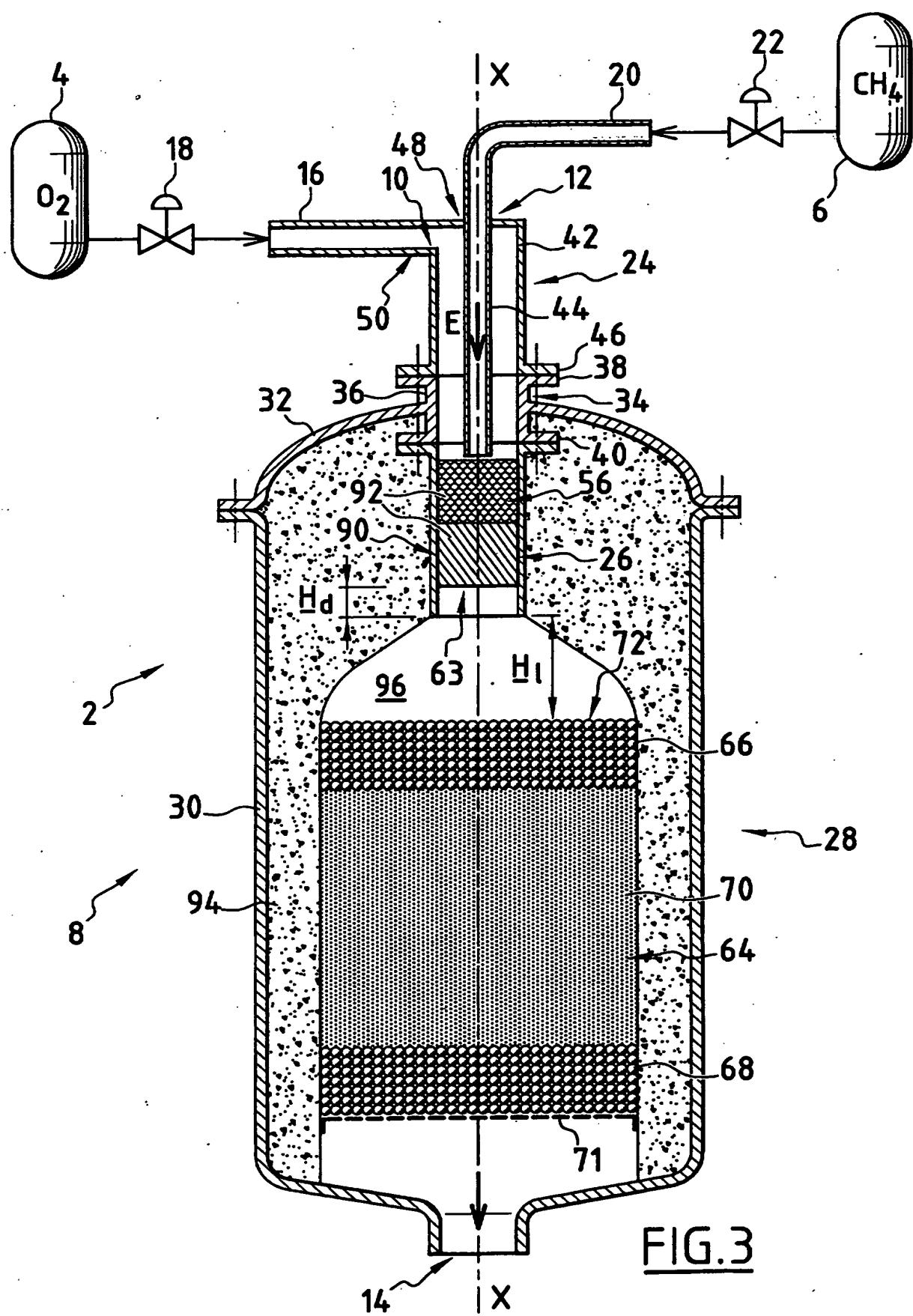


FIG.1

2/3



3/3



**RAPPORT DE RECHERCHE**  
**PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 613133  
FR 0116581

<b>DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS</b>		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI		
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes				
E	WO 02 06290 A (ZHDANOK SERGUEI ; AIR LIQUIDE (FR); GARY DANIEL (FR); LABRUNE PHILI) 24 janvier 2002 (2002-01-24)  * figure 2 * ----	1, 2, 9, 10, 12-14, 16-19, 22	B01J19/26 B01J8/02 B01F3/02 B01F5/02		
X	US 2 943 062 A (MADER CHARLES K) 28 juin 1960 (1960-06-28)	1, 2, 8-10, 12, 13, 15, 17-23 16			
A	* colonne 3, ligne 41 - ligne 48 * * colonne 9, ligne 74 - colonne 10, ligne 12 * * colonne 7, ligne 40 - colonne 8, ligne 9; figures * ----				
X	US 3 340 320 A (EZZELL ROBERT C) 5 septembre 1967 (1967-09-05)	1, 2, 9, 10, 12-14, 17-19, 22			
* le document en entier *			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)		
D, A	FR 2 338 065 A (SULZER AG) 12 août 1977 (1977-08-12) * figures * -----	5, 6	B01J B01F		
1					
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur			
3 septembre 2002		Van Belleghem, W			
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS					
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire					
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons B : membre de la même famille, document correspondant					
EPO FORM 1503/12/99 (PUC14)					

2823863

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0116581 FA 613133**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date d'03-09-2002.  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 0206290	A	24-01-2002	FR AU WO	2811975 A1 2293402 A 0206290 A2	25-01-2002 30-01-2002 24-01-2002
US 2943062	A	28-06-1960		AUCUN	
US 3340320	A	05-09-1967		AUCUN	
FR 2338065	A	12-08-1977	CH CA DE FR GB IT JP JP JP MX NL	608380 A5 1095827 A1 2601890 A1 2338065 A1 1569828 A 1075500 B 1145276 C 52088581 A 57036009 B 4102 E 7601944 A ,B,	15-01-1979 17-02-1981 21-07-1977 12-08-1977 18-06-1980 22-04-1985 12-05-1983 25-07-1977 02-08-1982 09-12-1981 19-07-1977

